

옥상 잔디녹화시 Heating system의 효과

고석구^{1*} · 신흥균¹ · 태현숙¹ · 김용선² · 안길만²

¹삼성에버랜드(주)잔디·환경연구소, ²안양베네스트 골프클럽

Effect of Heating system on Roof garden for Turf growth

Seuk-Koo, Koh^{1*}, Hong-Kyun Shin¹, Hyun-Sook Tae¹, Yong-Seon, Kim² and Gil-Man Ahn²

¹Turfgrass & Environment Research Institute, Samsung Everland Inc., Gunpo, 435-737, Korea,

²Department of Course management, Anyang Benest Golf Club, Gunpo, 435-737, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to utilize the waste heat from office building for turfgrass culture on a roof garden. Heating system had been installed in the middle of soil profile on the turf areas in the garden plots. The results showed that the installation of heating system increased the shoot density, turfgrass quality, coverage rate, and root length compared with the control plots. The surface temperature of heating plots reached at 10.9°C when the control plot showed 0°C, however, the soil moisture content was decreased 1.9% by the heating system. When the height of the snow accumulation reached over a 15cm, the it took only 4 days to melt out completely, while the height did not changed those period at the control plots. When the water temperature in boiler increased to 60°C from a proper temperature of 55°C in turf growth, the desiccation from leaf tip was started to occur caused by drought stress. More detail research should be followed in stress physiology in turf management in roof garden operation.

Key words : heating system, roof garden, coverage rates, waste heat

*Corresponding author. Tel : +82-31-460-3402

E-mail : sk.koh@samsung.com

Received : Sep., 30, 2009, Revised : Nov., 12, 2009, Accepted : Nov., 30, 2009

서론

도시환경을 개선하기 위한 녹화목적은 완충성, 차단성등 물리적 효과와 쾌적성, 심미성등 심리적 효과를 발휘한다(이기철,1995). 도시녹화 수법의 하나인 옥상녹화는 녹지의 감소를 보완하거나 건축물의 수경으로 부가가치를 높일 뿐만 아니라 최근에는 야생조류의 유치등 동물을 포함한 생태계의 보전에도 효과가 있다(김기곤,1999). 그러나 옥상녹화는 식물에게 열악한 환경조건의 공간으로 일반적인 녹화기술로는 곤란하며 또한 구조물을 고려한 녹화가 되기 위하여 하중이 적은 경량토를 사용하고 있다(김현수,1998). 옥상녹화에 사용할 수 있는 토양은 보수성과 통기성이 좋고 배수성이 우수해야 하고 보비력이 좋아야 한다. 경량토양중 가장 효과적인 것이 펠라이트로 진주암이나 흑요석을 열처리 가공한 것으로서 다공질이고 경량으로 투수성, 보수성이 우수하다(삼손,1998). 현재 인공토양에 대한 물리화학적인 특성을 고려하지 않고 경험적으로 사용하는 경우가 많으며 또한 옥상정원에 잔디식재에 대한 요구가 높아지고 있는 실정이다. 인공토양의 혼합율에 의한 잔디토층문제와 식물생육에 대한 연구(이은엽,1999)에서 옥상녹화의 소재로 잔디는 가능성이 많고 옥상녹화시스템의 열적특성에서(강재식, 2000) 하절기와 동절기의 식물생육과 관리에도 응용할 부분이 많다고 사료되었다. 한지형 잔디의 생육적온은 15~20℃(江原,1984)이며 휴면하는 기온으로는 5℃이하로 이시기에는 생육이 불가능하다고 하였고(김영선,2008) 봄의 늦서리나 가을의 첫서리에도 식물은 동해를 받을 수 있다(酒井 昭, 1985)는 문제점을 해결하기 위해 도시빌딩에서 발생하는 폐열을 옥상녹화에도 활용가능성이 있다고 사료된다.

본 연구는 이러한 점에 착안하여 먼저 잔디

생육에 적합한 인공토양의 혼합비율을 물리성 시험을 통하여 적절한 혼합비를 정하고 옥상에 잔디밭을 조성하는 경우 평균기온 5℃이하에서 잔디생육이 불가능한 겨울철에도 푸른 잔디로 유지하기 위해 히팅 효과에 대하여 검증하고자 한다. 빌딩의 폐열로 히팅의 열원을 조달하는 방식을 적용하고자 첫단계로 히팅시스템은 조성비가 저렴하고 유지관리비가 적게 드는 기름보일러 방식으로 깊이 25cm 밑에 온수 파이프를 설치하고 경량토인 펠라이트와 피트모스의 혼합한 상토를 사용하였다. 또, 시험모델에 기상시스템 및 히팅에 따른 깊이별 지온 및 수분함량의 변화를 측정하기 위하여 센서를 매설하고 측정된 데이터로 비교분석하여 향후 폐열을 활용한 동절기 옥상녹화시스템에 기초적인 Data를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본시험은 2000년 9월부터 2001년 1월까지 약 5개월간 안양베네스트 골프클럽내 연구포지(시험규모: 5m×13m)에서 실시되었다(사진 1). 잔디종류는 설부병에 강한(柳久 Creeping bentgrass 'Penn-A4'로 하였고 파종량은 밀도를 높이려고 10g/m² (眞木,1993)으로 파종하였다.

주요 관리사항10월5일에 파종을 하고 비닐을 덮어 보온을 하였다. 10월23일 잔디 생육상태를 보고 복합비료(21-17-17) 15g/m², 11월1일 15g/m², 11월27일 10g/m²씩 3회 실시하였다. 보일러 가동은 10월30일부터 실시하였고 예지는 20mm로 11월14일과 17일 2회 실시하였다. 시약은 설부병 예방시약으로 웨나리와 몬카트를 처리하였다.

데이터 수집은 시각적인 잔디품질은(1-9 index; 1: worst, 9: best) 히팅처리구 A, B,

C, D와 무처리 시험구 E, F, G, H의 8개소에서 월 1회로 11월5일과 12월5일에 조사하였고 피복율(%), 뿌리길이, 잔디밀도도 시험구 8개소에서 월 1회로 11월5일과 12월5일에 조사 하였다.

기상데이터는 기온, 강수량, 토양수분, 지온 등을 측정하였고 시험포지의 히팅 처리구와 무처리 시험구에 센서설치를 T-type thermo=couple(표면, 10, 20, 30cm) 좌측4개 우측4개, TDR moisture sensor(5, 10, 20cm) 실험포지 좌측3개 우측 3개를 설치하였다.

모든 관측데이터의 수집은 데이터로거(CR 10X,Campell Scientific,INC.)를 이용하였으며 각 측정항목당 1분간 순간치를 측정하여 1시간동안의 평균치내어 1일간 24점의 데이터를 로거에 기록하였다. 이 데이터는 RS232케이블을 사용하여 노트북 컴퓨터로 다운받아 데이터를 정리하였다.

지반구조 방식은 보도블럭을 맨밑에 깔고 그 위에 방수 및 방근층(PVC시트)을 설치한 다음 배수층(스치로폴 배수판 CCR)설치, 세립 입자 필터(부직포)설치, 보일러 난방시스템 설치는 전체포지의 면적1/2(오른쪽)에 깊이 25cm에 매설하고 그위에 상토 30cm를 포설 하였다.

혼합상토는 Table 1과 같이 혼합비율을 결정하기 위하여 6개의 혼합샘플과 단독샘플2개를 만들어 대조구인 모래(보명사)와 물리성을 비교하였다.

결과 및 고찰

지반 Heating에 의한 잔디품질 및 피복률

10월31일부터 2개월 정도 히팅한 처리구가 무처리구에 비해 잔디품질이나 피복율에 있어

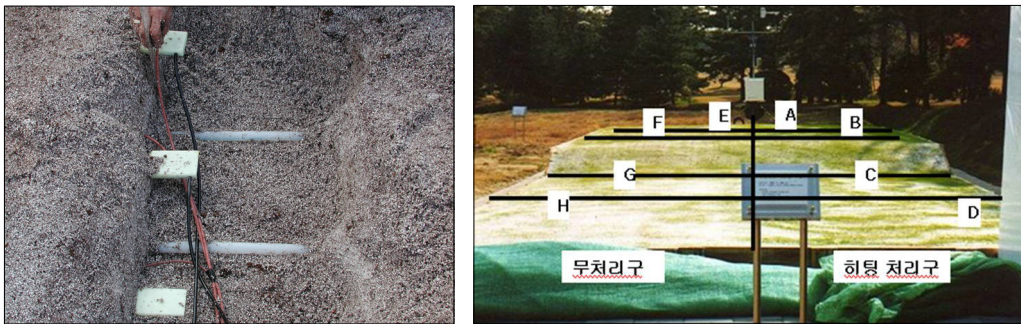


Fig. 1. 수분 및 지온 센서설치와 시험포지 전경

Table 1. 혼합상토의 배합율

No	시료 배합율
1	Perlite(대 0%:소 100%) 80% + Peatmoss 20%
2	Perlite(대 10%:소 90%) 80% + Peatmoss 20%
3	Perlite(대 20%:소 80%) 80% + Peatmoss 20%
4	Perlite(대 30%:소 70%) 80% + Peatmoss 20%
5	Perlite(대 40%:소 60%) 80% + Peatmoss 20%
6	Perlite(대 50%:소 50%) 80% + Peatmoss 20%
7	Perlite(대 100%)
8	Perlite(소 100%)
9	보명사 100%

월등히 높게 나타났다(Table 2). 잔디품질의 경우 히팅한 처리구 4개소의 평균이 4.7를 나타난데 비해 무처리구는 평균 2.9에 불과하였다. 피복률의 경우 히팅한 처리구 4개소는 약 72%를 나타냈으나 무처리구 약 50% 피복률로 낮게 나타났다.

잔디뿌리길이

잔디뿌리의 경우 히팅한 처리구와 무처리구가 1개월째는 약 1.6cm정도로 비슷한 상태를 나타냈으나 2개월째에서는 히팅한 처리구 조사지 4개소의 평균길이는 약 4.9cm로 나타났고 무처리구의 조사지 4개소의 평균길이는 약 2.0cm로 확연한 차이가 나타났다(Table 2). 잔디 파종후 40일째의 잔디뿌리상태가 히팅을 통해 훨씬 좋아진 것을 알 수 있다(Fig. 1). 히팅시스템의 잔디는 지상부가 4-5엽이고 잔뿌리

가 많이 나온 반면에 무처리구의 잔디는 2-3엽이고 뿌리는 단뿌리로 하나가 길게 뻗은 상태를 나타냈다. 지온이 상승하면 뿌리의 생육이 시작하고(與水,1985) 잔디지하부의 생육적온은 10~18℃로(이정호,2008)로 알려져 이 시험에서도 잔디뿌리생육을 위해서 최소한 표면지온이 10℃이상이 되어야 한다고 판단되었다.

잔디밀도

파종후 1개월째 히팅처리구의 조사지의 4개소의 평균 잔디밀도는 약 8개로 무처리구의 약 6개에 비해 2개 더 높게 나타났으며, 2개월째 히팅처리구의 평균 잔디밀도는 약 10개로 무처리보다 약 3개정도 더 높게 나타났다(Table 4). 히팅의 효과로는 밀도개체수를 증가시키고 생육이 지속되는 반면에 무처리는 지온이 낮아 생육이 정지되어 가는 표면지온은

Table 2. 파종(10/5)후 1,2개월후의 잔디품질과 피복률

		잔디품질(1~9)		잔디피복률(%)	
		11/5	12/5	11/5	12/5
heating	A	4.7a ^y	4.3a	70a	74a
	B	4.7a	4.0a	72a	76a
	C	5.0a	4.0a	71a	75a
	D	4.7a	4.3a	72a	76a
control	E	3.0b	2.7b	50b	40b
	F	2.7b	2.3b	48b	40b
	G	3.0b	2.7b	50b	41b
	H	2.7b	2.0b	49b	40b

^y Mean separation within columns by DMRT at p=0.05

Table 3. 파종(10/5)후 1,2개월후의 잔디뿌리길이(cm)

		11/5	12/5
		heating	A
	B	1.5a	4.7a
	C	1.7a	5.0a
	D	1.7a	5.0a
control	E	1.5a	2.0b
	F	1.5a	2.3b
	G	1.5a	2.0b
	H	1.5a	2.0b

^z Mean separation within columns by DMRT at p=0.05

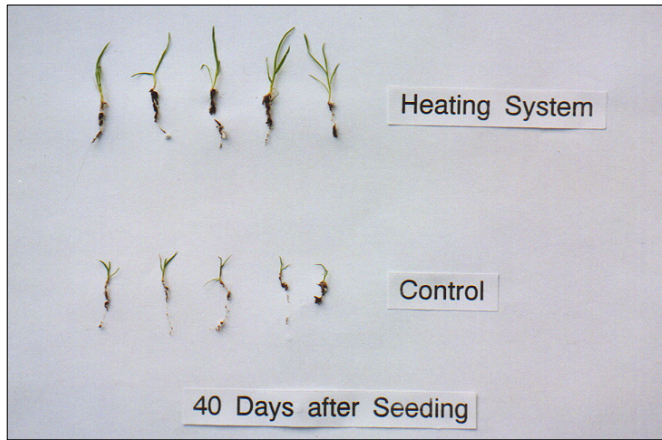


Fig. 1. 파종후 40일의 잔디 개체 사진

Table 4. 파종(10/5)후 1,2개월후의 잔디밀도(ea/cm²)

		11/5	12/5
heating	A	8.0a ^z	10.0a
	B	8.3a	9.7a
	C	8.7a	10.0a
	D	8.0a	10.0a
control	E	6.3a	7.0b
	F	6.0a	7.3b
	G	6.3a	6.7b
	H	6.3a	7.0b

^z Mean separation within columns by DMRT at p=0.05

약 5℃ 정도로 문헌과 같은 경향을 보였다(김영선,2008)

혼합상토 기초물성

한지형잔디는 배수성이 좋은 모래지반에서 잘 생육하므로 혼합된 시료의 물리성을 분석한

결과 대조구인 보명사와 유사한 투수성을 가진 혼합상토는 Perlite(대 40%:소 60%) 80% + Peatmoss 20%로 나타났다. 물리성분석 결과에서 투수성은 약 213mm/h, 건조밀도는 0.21,포장용수량은 약 48%로 나타났다(Table 5). 일반적으로 건물에는 안전상 하중으로

Table 5. 시료의 물리성

No	투수계수(mm/hour)	건조밀도(g/cm ³)	포화수분용적밀도(g/cm ³)	포장용수량(%)
1	99	0.18	0.91	68
2	121	0.19	0.90	59
3	137	0.19	0.89	55
4	156	0.20	0.87	52
5	213	0.21	0.86	48
6	259	0.20	0.83	41
7	1605	0.21	0.79	28
8	91	0.18	0.87	55
9	210	1.49	1.86	27

300kg/m²당로 보고 되고 있어 시료로 활용할 혼합상토의 포장용수량시 질량을 계산해 보면 0.3m 포설/m²당 약 207kg, 0.2m 포설/m²당 138kg로 나타났다. 이에 비해 보명사 자체의 질량은 0.3m 포설/m²당 약 447kg, 0.2m 포설/m²당 298kg로 인공토양의 m²당 질량과 비교해보면 약 1/2로 하중이 경감된 것을 알 수 있었다.

지반 히팅에 따른 토양깊이별 지온

지온센서는 히팅처리구(왼쪽)의 깊이 20cm, 10cm, 0cm(표면)와 무처리구(오른쪽)의 깊이 20cm, 10cm, 0cm(표면)에 설치하였다. 11월 28일 토층지하 25cm에서 수온 55℃로 히팅한 결과 지표면에서 지하 20cm는 약40℃, 10cm는 약30℃로 지온 변화는 24시간 거의 일정하게 나타났으며 히팅의 효과는 무처리구보다 10cm의 경우 평균 21.12℃가 높았고 20cm의 경우는 평균 28.5℃가 높게 나타났다(Fig. 2). 히팅지역은 지하20cm와 10cm는 약 10℃의 지온차이가 나타났으나 무처리지역은 지하 20cm와 10cm는 지온이 약 3~4℃ 차이밖에 나지 않는 것을 알 수 있었고 지온변화도 거의 없는 것으로 나타났다. 표면지온은 히팅 처리구가 무처리구에 비해 평균 10.87℃가 높게

나타났다. 시험구 양쪽의 표면지온의 변화는 대기기온에 따라 연동하는 것을 쉽게 볼 수 있었다.

기온이 낮아져 11월 28일 9시에 보일러의 수온을 55℃에서 60℃로 조정하자 5시간 뒤인 14시에 10cm 깊이의 경우 1.11℃가 상승하여 보통 0.38℃ 상승하는 것보다 급격히 상승함으로써 잔디가 스트레스를 받아 잎끝이 마르는 증상이 나타났다(15시에 다시 55℃로 세팅함). 지온의 변화에 따른 스트레스로 잔디에도 영향을 주는 것을 알 수 있었다(Fig. 3). 기온이 낮아지는 시기에는 표면지온은 히팅처리구와 무처리구에서 낮에는 큰 차이가 나타나지 않았다.

2001년 1월15일 눈이 약 15cm정도 내렸으나 히팅된 부분에서는 눈이 4일후 완전히 녹은 것을 볼 수 있었지만 무처리구에서는 눈이 녹지 않은 상태로 있었다.

토양수분함량 비교

TDR수분센서는 히팅처리구(왼쪽)의 깊이 20cm, 10cm, 5cm와 무처리구(오른쪽)의 깊이 20cm, 10cm, 5cm에 설치하였다. 일중 토양내 수분함량의 변화는 서서히 변화하는 것을 알 수 있었으며 히팅한 지반의 수분함량이 무

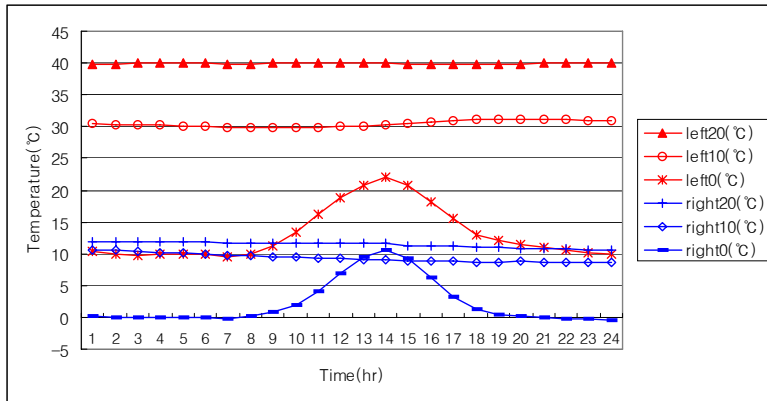


Fig. 2. 일간 깊이별 지온 변화(11월18일)

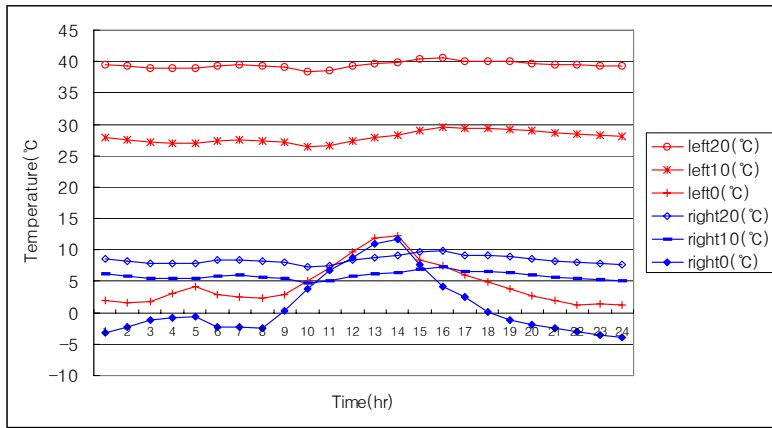


Fig. 3. 보일러 수온을 55°C에서 60°C로 상승시킴에 따른 지온 변화



Fig. 4. 눈이 내린지 4일후 포지 상태

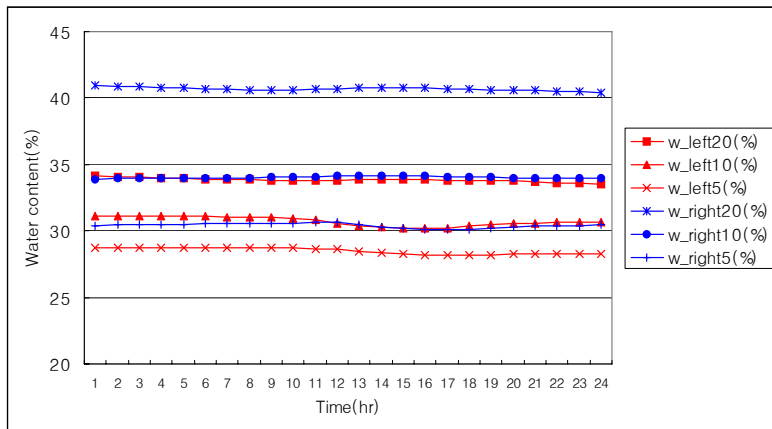


Fig. 5. 일간 깊이별 토양수분함량 변화(11월18일)

처리 지반에 비해 낮은 상태를 나타냈다(Fig. 5). 20cm 깊이의 경우 무처리 지반에 비해 6.8% 낮았으며, 10cm 깊이의 경우는 무처리 지반에 비해 3.3%가 낮았다. 표면의 경우 무처리 지반에 비해 1.9%가 낮았다. 이것은 히팅한 지반은 지온이 상승하여 열과 함께 토양 수분도 상층부로 이동하여 잔디가 이용할 수 있다고 사료되었다.

요약

빌딩에서 발생하는 폐열을 활용할 목적으로 동절기 옥상정원에서 푸른 잔디를 유지하기 위한 잔디생육시험을 실시하였다. 옥상정원 지반에 Heating system을 설치하여 시기별 잔디생육상태를 조사한 결과는 다음과 같다.

겨울철 옥상녹화 지반을 heating처리한 결과, 무처리구에 비해 잔디품질 및 피복률이 우수하였으며, 잔디의 뿌리길이, 잔디밀도가 모두 상승하였다. 표면온도를 비교한 결과, heating지반의 온도는 평균 10.9℃로 0℃를 유지하였던 무처리 지반에 비해 월등히 높았으나, 수분함량은 평균 1.9% 낮아진 것은 10.9℃로 유지된 지온으로 인해 수분증발이 계속 이루어지는 것으로 사료되었다. 적설량이 15cm 이상 쌓인 상황에서, 히팅 시스템이 설치된 잔디밭에서는 4일만 눈이 완전히 녹았으나 대조구에서는 적설량의 변화가 거의 없었다. Heating system의 보일러 수온을 55℃에서 60℃로 높이자, 잔디는 건조 스트레스를 받아 잎끝이 마르는 증상이 나타났다. 앞으로 옥상정원에서의 잔디 재배와 관계된 세부적인 생리적 스트레스에 관한 연구가 필요하다고 판단된다.

주요어 : 옥상녹화, 폐열, 피복율, 히팅시스템

참고문헌

1. 강제식. 2000. 옥상녹화시스템의 동·하계 열적 특성. 한국건설기술연구원.
2. 김귀곤. 1999. 새 천년을 대비한 우리나라 환경생태계획 및 조성의 동향과 전망. 21세기 생태환경조성을 위한 새로운 조경기법. 한국조경사회. pp. 20~21.
3. (財)都市綠化技術開發機構. 2000.NEO-GREEN SPACE DESIGN. pp. 30~39.
4. 김현수등. 1998. Green Town 개발사업 III : 건축분야. 한국건설기술연구원.
5. 삼손. 1998. 파라소공법시공사례집; 초경량무공해인공토양녹화공법. 주식회사삼손. pp. 12.
6. 酒井 昭. 1985. 植物の耐冬性と寒冷適應. pp. 217~229.
7. 이은엽·문석기. 1999a. 인공식재지반의 토양배합 및 비료종류에 따른 초본식물의 생육효과. 환경복원녹화. 2(1): 1~9.
8. 이정호·최용준·이성호·주영규. 2008. 하절기 한지형잔디 재배시 침수 및 고온으로 인한 잔디생육불량현상. 한국잔디학회지. 2(2): 133~139.
9. 김영선·함선규·김택수·정현석. 2008. 유산균과 효모균배양액 함유액비의 시용이 크리핑벤트그래스의 생육에 미치는 영향. 한국잔디학회지. 22(2): 185~195.
10. 柳久. 2002. 뉴어벤토그라스. 환 pp. 11~20.
11. 興水 . 1985. 建築空間の綠化手法 pp. 78~81.
12. 江原 薰. 1984. 芝草と芝地. pp.9~16.